



Наукові перспективи  
Видавнича група

# Перспективи та інновації науки



**Тернопільський національний медичний університет імені І. Я. Горбачевського**

**Видавнича група «Наукові перспективи»**

**Луганський державний медичний університет**

**Громадська наукова організація «Система здорового довголіття в мегаполісі»**

**Християнська академія педагогічних наук України**

**Всеукраїнська асоціація педагогів і психологів з духовно-морального виховання**

*за сприяння КНП "Клінічна лікарня №15 Подільського району м.Києва",  
Центру дієтології Наталії Калиновської*

## ***«Перспективи та інновації науки»***

**№ 5(63) 2026**

**Київ – 2026**

**Ivan Horbachevsky Ternopil National Medical University**

**Publishing Group «Scientific Perspectives»**

**Luhansk State Medical University**

**Public scientific organization "System of healthy longevity in the metropolis"**

**Christian Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine**

**All-Ukrainian Association of Teachers and Psychologists of Spiritual and  
Moral Education**

*with the assistance of the KNP "Clinical Hospital No. 15 of the Podilsky District of Kyiv",  
Nutrition Center of Natalia Kalinovska*

# ***"Prospects and innovations of science"***

**№ 5(63) 2026**

**Kyiv – 2026**

ISSN 2786-4952 Online

УДК 001.32:1/3](477)(02)

Ідентифікатор медіа - R40-05846

DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-5\(63\)](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-5(63))

**«Перспективи та інновації науки»: журнал. 2026. № 5(63) 2026. С. 5440**



**Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 27.09.2021  
№ 1017 журналу присвоєно категорію "Б" із психології та педагогіки**

**Згідно наказу Міністерства освіти і науки України від 27.04.2023  
№ 491 журналу присвоєно категорію "Б" із медицини: спеціальність 222**

*Рекомендовано до видавництва Президією громадської наукової організації  
«Всеукраїнська Асамблея докторів наук з державного управління» (Рішення від 18.05.2026, № 7/5-26)*

*Журнал видається за підтримки КНП "Клінічна лікарня №15 Подільського району м.Києва", Центру дієтології Наталії  
Калиновської*



Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (IC), Research Bible, міжнародної пошукової системи Google Scholar

*Електронний науковий журнал «Перспективи та інновації науки» заснований з метою висвітлення актуальних питань теорії та практики медицини, біології, біотехнології та реабілітації в Україні, за кордоном. Видання розраховано на науковців, викладачів, педагогів-практиків, представників органів державної влади та місцевого самоврядування, здобувачів вищої освіти, громадсько-політичних діячів*

*Згідно Порядку формування Переліку наукових фахових видань України, затвердженого наказом МОН України від 15.01.2018 № 32, повнотекстовий доступ до наукових статей журналу представлений на платформі «Наукова періодика України» в Національній бібліотеці України імені В.І. Вернадського НАН України та в Національному репозитарії академічних текстів*

**Голова редакційної колегії:**



**Вадзюк Степан Несторович** - доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри фізіології з основами біоетики та біобезпеки Тернопільського національного медичного університету імені І.Я.Горбачевського Міністерства охорони здоров'я України (Україна)

**Заступник голови редакційної колегії: Торяник Інна Іванівна** - доктор медичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник лабораторії вірусних інфекцій Державної установи «Інститут мікробіології та імунології імені І.І. Мечникова Національної академії медичних наук України» (Харків, Україна)

**Редакційна колегія:**

1. **Алієв, Ельнур М.** доктор медичних наук, професор, професор Азербайджанського медичного університету (Азербайджан)
2. **Бабова Ірина Костянтинівна** - доктор медичних наук, професор, старший науковий співробітник відділу економічного регулювання природокористування ДУ "Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень Національної академії наук України", лікар ФРМ (фізичної та реабілітаційної медицини) ДУ "Територіальне медичне об'єднання МВС України по Одеській області" (Одеса, Україна)

3. **Галандаров, Вагіф Календер** Доктор медичних наук, доктор філософії, професор, професор кафедри хірургічних захворювань Азербайджанського медичного університету (Азербайджан)
4. **Гарасєв, Ельдар Абдулла** доктор медичних наук, професор кафедри загальної та токсикологічної хімії, Заступник директора Азербайджанського медичного університету (Азербайджан)
5. **Ельдар Елієв** доктор медичних наук, професор, професор кафедри хірургічних захворювань Азербайджанського медичного університету (Азербайджан)
6. **Жуков Валері**, Університет Миколи Коперника в Торуні (Торунь, Польща)
7. **Іншакова Ганна Вадимівна** – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри громадського здоров'я Національного медичного університету імені О.О. Богомольця (Київ, Україна)
8. **Кернаєс Андрій В'ячеславович** – доктор філософії в галузі психології, кандидат психологічних наук, дійсний член Української психологічної асоціації, магістр права, магістр педагогіки, доцент кафедри Практичної психології Одеського національного морського університету, старший викладач кафедри мовної та психолого-педагогічної підготовки Одеського національного економічного університету (Одеса, Україна)
9. **Коваль Галина Миколаївна** - доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри мікробіології, вірусології, епідеміології з курсом інфекційних хвороб Ужгородського національного університету (Ужгород, Україна)
10. **Корильчук Неоніла Іванівна** – кандидат медичних наук, доцент кафедри терапії та сімейної медицини Тернопільського національного медичного університету імені І.Я.Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
11. **Левков Анатолій Анатолійович** - кандидат медичних наук, доцент кафедри фізичної терапії та ерготерапії Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», доцент кафедри онкології, радіаційної медицини та радіології Полтавського державного медичного університету (Полтава, Україна)
12. **Мочалов Юрій Олександрович** - доктор медичних наук, професор, професор кафедри хірургічної стоматології та клінічних дисциплін ДВНЗ «Ужгородський національний університет» (Ужгород, Україна)
13. **Олійник Світлана Валентинівна** - кандидат фармацевтичних наук, доцент, доцент кафедри аптечної технології ліків Національного фармацевтичного університету
14. **Пасько Ольга Миколаївна** - доктор юридичних наук, професор, професор кафедри психології та педагогіки, Одеський державний університет внутрішніх справ.(Одеса, Україна)
15. **Помиткіна Любов Віталіївна** — доктор психологічних наук, професор, завідувач кафедри авіаційної психології Національного авіаційного університету (Київ, Україна)
16. **Теренда Наталія Олександрівна** - доктор медичних наук, професор, т.в.о завідувача кафедри громадського здоров'я та управління охороною здоров'я Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського МОЗ України (Тернопіль, Україна)
17. **Черська Марія Сергіївна** - доктор медичних наук, завідувачка консультативно-діагностичним відділенням Державної Установи «Інститут ендокринології та обміну речовин НАМН України» (Київ, Україна)
18. **Шульгай Аркадій Гаврилович** - доктор медичних наук, професор, професор кафедри громадського здоров'я та управління охороною здоров'я Тернопільського національного медичного університету імені І.Я. Горбачевського МОЗ України (Україна)

*Статті розміщені в авторській редакції. Відповідальність за зміст та орфографію поданих матеріалів несуть автори.*

## ЗМІСТ

### СЕРІЯ «Педагогіка»

- Banias N.Yu., Vrabel T.T., Lizak K.M.** **54**  
*DIGITAL PLATFORMS AND THE TRANSFORMATION OF CONTEMPORARY LITERARY GENRES AND STYLES: NARRATIVE PRACTICES ON INSTAGRAM, X (TWITTER), TIKTOK, WATTPAD, AO3, AND WEB NOVEL*
- Bialyk O.V., Pysanenko O.I.** **67**  
*LEISURE SPACE AS AN ENVIRONMENT FOR THE DEVELOPMENT OF SOCIAL COMPETENCE OF STUDENT YOUTH*
- Blyznyuk T.P., Hryhorova L.S.** **75**  
*UNIVERSITY BRANDING AS A COMMUNICATION STRATEGY: THEORY AND PRACTICE OF CREATING A BRANDBOOK*
- Chuchmii I.I., Karychkovska S.P., Movchan L.V.** **85**  
*EXPERIENCE OF INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO THE PROCESS OF TEACHING FOREIGN LANGUAGES IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS USING THE EXAMPLE OF GREAT BRITAIN AND THE USA*
- Dementieva T.I.** **96**  
*DIGITAL COMPETENCE OF HIGHER EDUCATION TEACHERS: STRUCTURE AND DEVELOPMENT PATHWAYS*
- Dovbnia S.O., Shelepko H.V., Slyusar V.Yu.** **109**  
*FORMATION OF THE MANAGEMENT CULTURE OF THE FUTURE HEAD OF A PRESCHOOL EDUCATION INSTITUTION: A DECOLONIAL APPROACH*
- Drach O.I., Myronova I.M.** **123**  
*MODERN APPROACHES AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF FOREIGN LANGUAGE SPEAKING SKILLS AMONG FUTURE SECURITY SECTOR SPECIALISTS*

*UDC 378:004.8**[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-5\(63\)-164-175](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2026-5(63)-164-175)*

**Kozhevnikova Alla** PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Pedagogy and Pedagogical Mastery, Bohdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Zaporizhzhya, <https://orcid.org/0000-0001-6987-0352>

**Termenzhy Oleksandr** PhD student at the Department of Pedagogy and Pedagogical Mastery, Bohdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Zaporizhzhya, <https://orcid.org/0009-0005-0792-0103>

## **DESIGNING AN AI COMPETENCY COURSE FOR PRE-SERVICE TEACHERS: AN ADDIE-BASED APPROACH**

**Abstract.** The article presents the experience of designing and developing the online course “Pedagogical Aspects of Using Artificial Intelligence in Secondary Education Institutions” for pre-service teachers at Bohdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University. The relevance of the study is determined by the rapid digital transformation of education, the active expansion of artificial intelligence technologies in teaching and learning processes, and the growing need to develop AI competency among future teachers in the context of increasing cybersecurity threats and the widespread implementation of online and blended learning. Particular attention is paid to the formation of competencies related to cyberethics, cybersafety, and cybersecurity (the C3 triad) as essential components of contemporary teacher education and responsible AI integration into educational practice.

The course was designed in accordance with the ADDIE instructional design model, which includes the stages of Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The article characterizes the content and key processes of each stage, including the analysis of educational needs and learner characteristics, the selection of an appropriate Learning Management System, the development of instructional and multimedia materials, the integration of specialized AI-powered mathematical tools, and the assessment of learning outcomes. The structure of the course, examples of learning activities for classroom and independent work, and approaches to organizing pedagogical interaction in the online environment are presented.

Special emphasis is placed on the pedagogically appropriate and ethically grounded use of artificial intelligence in mathematics education, as well as on the role of specialized AI-oriented mathematical services in supporting mathematical reasoning, visualization, problem solving, and data analysis. The article also highlights the use of the Generative Artificial Intelligence Literacy Test (GLAT), adapted for Ukrainian pre-service teachers, as a diagnostic instrument for assessing AI literacy and awareness. The findings confirm the importance of the systematic integration of AI

ISSN 2786-4952 Online

competency into teacher education programs and demonstrate the potential of the developed course for preparing future mathematics teachers for professional activity in digitally transformed educational environments.

**Keywords:** artificial intelligence, AI competency, pre-service teachers, ADDIE, digital transformation of education, cybersecurity, cyberethics, online course, LMS, GLAT.

**Кожевникова Алла Власівна**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри педагогіки і педагогічної майстерності, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, <https://orcid.org/0000-0001-6987-0352>

**Терменжи Олександр Андрійович** здобувач освіти третього рівня (доктор філософії) кафедри педагогіки і педагогічної майстерності, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, <https://orcid.org/0009-0005-0792-0103>

## ПРОЄКТУВАННЯ КУРСУ З ІІІ-КОМПЕТЕНТНОСТІ ДЛЯ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ: ПІДХІД НА ОСНОВІ МОДЕЛІ ADDIE

**Анотація.** У статті представлено досвід проєктування та розроблення онлайн курсу «Педагогічні аспекти використання штучного інтелекту в закладах загальної середньої освіти» для майбутніх учителів у Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького.

Актуальність дослідження зумовлена стрімкою цифровою трансформацією освіти, активним поширенням технологій штучного інтелекту в освітньому процесі та зростаючою потребою у формуванні ІІІ-компетентності майбутніх учителів в умовах посилення кіберзагроз і широкого впровадження онлайн та змішаного навчання. Особливу увагу приділено формуванню компетентностей, пов'язаних із кіберетикою, кібербезпекою та кіберзахистом (C3 triad), як важливих складових сучасної педагогічної освіти та відповідальної інтеграції ІІІ в освітню практику.

Проєктування курсу здійснювалося відповідно до моделі педагогічного дизайну ADDIE, яка охоплює етапи Analysis (аналіз), Design (проєктування), Development (розроблення), Implementation (упровадження) та Evaluation (оцінювання). У статті охарактеризовано зміст і ключові процеси кожного етапу, зокрема аналіз освітніх потреб і характеристик здобувачів освіти, добір відповідної системи управління навчанням, розроблення навчально-методичних і мультимедійних матеріалів, інтеграцію спеціалізованих ІІІ-орієнтованих математичних інструментів та оцінювання результатів навчання. Представлено структуру курсу, приклади навчальних завдань для аудиторної та самостійної роботи, а також підходи до організації педагогічної взаємодії в онлайн-середовищі.

Особливий акцент зроблено на педагогічно доцільному та етично виваженому використанні штучного інтелекту в математичній освіті, а також на ролі спеціалізованих ШІ-орієнтованих математичних сервісів у підтримці математичного міркування, візуалізації, розв'язування задач і аналізу даних. У статті також висвітлено використання тесту Generative Artificial Intelligence Literacy Test (GLAT), адаптованого для українських майбутніх учителів, як діагностичного інструменту оцінювання рівня ШІ-грамотності та обізнаності. Результати дослідження підтверджують важливість системної інтеграції ШІ-компетентності в програми педагогічної освіти та демонструють потенціал розробленого курсу для підготовки майбутніх учителів математики до професійної діяльності в умовах цифрової трансформації освітнього середовища.

**Ключові слова:** штучний інтелект, ШІ-компетентність, майбутні учителі, ADDIE, цифрова трансформація освіти, кібербезпека, кіберетика, онлайн-курс, LMS, GLAT.

***Problem statement.*** In the context of accelerating digital transformation and the pervasive integration of artificial intelligence (AI) into educational systems, the development of AI competency among pre-service mathematics teachers has emerged as a critical area of scholarly and practical importance. As AI-driven tools increasingly shape pedagogical practices, learning environments, and data-informed decision-making, it is imperative to ensure that future educators possess not only technological proficiency but also a well-developed capacity for ethical reasoning, safe engagement, and secure application of these technologies. Mathematics education, grounded in formal logic, algorithmic thinking, and data analysis, provides a particularly robust foundation for the meaningful integration of AI. Furthermore, within the contemporary digital landscape, a characterized by heightened cybersecurity risks and the expansion of hybrid and online learning modalities, there is a pressing need to embed the principles of cyberethics, cybersecurity, and data protection into teacher education.

***Analysis of recent research and publications.*** Today, a considerable number of contemporary studies are devoted to preparing teachers for professional practice in the era of emerging digital technologies and artificial intelligence. Various countries are actively integrating artificial intelligence technologies into their educational systems, focusing on the development of relevant programs and digital tools. In particular, the U.S. Department of Education report “Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning” [3] (2023) outlines the key directions of AI’s impact on the educational process, including increased adaptability of learning, optimization of teaching activities (particularly through the reduction of administrative workload), advancement of formative assessment, and support for research and development with an emphasis on the contextual sensitivity of technologies.

This study “Preparing Pre-service Teachers for 21st Century Skills” evaluates a teacher education model in Syria (Damascus university) focused on promoting 21st-century skills, finding it efficient for cognitive development but less so for communication skills [1].

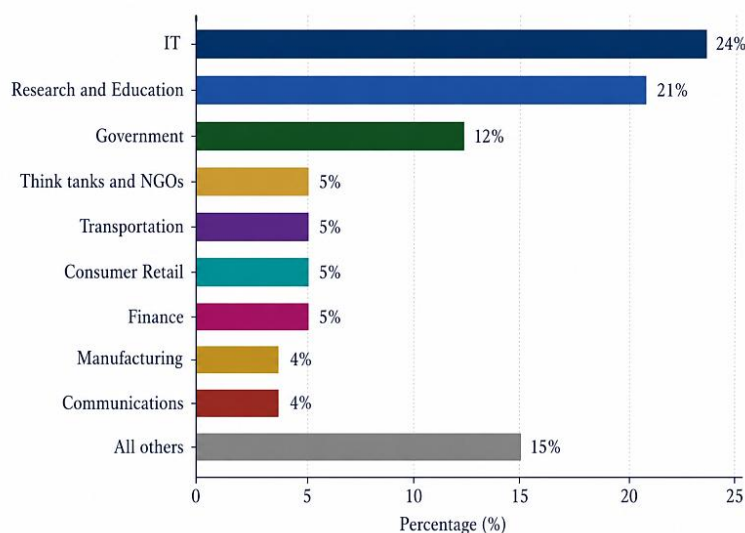
The article by Aleksieva (2025) “Preparing Pre-Service Teachers for the Digital Transformation of Education: Exploring University Teacher Educators’ Views and Practical Strategies” examines the current state of the digital transformation of education in Bulgaria within the framework of the SUMMIT project, with particular attention to the preparation of pre-service teachers and the practical strategies employed by university educators [2].

The qualitative study of Chinese scholars Kohnke & Green-Eneix (2025) explores how generative artificial intelligence can be integrated into teacher education by emphasizing AI literacy, critical reflection, and practical recommendations to equip both pre-service and in-service teachers for modern classrooms [9].

Nevertheless, drawing upon the existing body of research on the AI-readiness of pre-service teachers, we consider the issue of preparing teachers for the integration and pedagogically appropriate use of artificial intelligence in Ukraine to be of particular relevance and significance.

**Purpose of the article.** The purpose of the article is to present the experience of designing and developing an online course for pre-service teachers at Bohdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University in accordance with the ADDIE instructional design model. The article aims to characterize the key stages of the course development process, as well as to substantiate the importance of forming AI-related, pedagogically effective, ethical, and safe practices in the professional training of future teachers.

**Presentation of the main material of the study.** The scale of cyberattacks in 2024 is unprecedented, with over 600 million incidents logged daily (Microsoft Digital Defense Report: The Foundations and New Frontiers of Cybersecurity) [11]. This shift has placed the education and research sector squarely in the crosshairs of nation-state actors, who now account for 21% of these attacks, highlighting the fragile security of our digital learning environments [11].



**Fig. 1.** Top targeted sectors worldwide (Microsoft Digital Defense Report: The Foundations and New Frontiers of Cybersecurity (2024)) [11].

In Ukraine, the escalation of cyberattacks targeting critical infrastructure, including the education sector, has made the creation of a secure digital learning environment an urgent priority. The widespread transition to online and hybrid education [14], driven by war, displacement, and the relocation of universities, has significantly increased students' exposure to cyber threats such as phishing, data breaches, and harmful content. In this context, educators are required to possess not only pedagogical and digital skills but also well-developed competencies in cybersecurity, cyberethics, and cybersafety. Accordingly, teacher education programs must prioritize the systematic development of these competencies, equipping future teachers with the knowledge and practical skills necessary to ensure safe, responsible, and resilient digital learning environments.

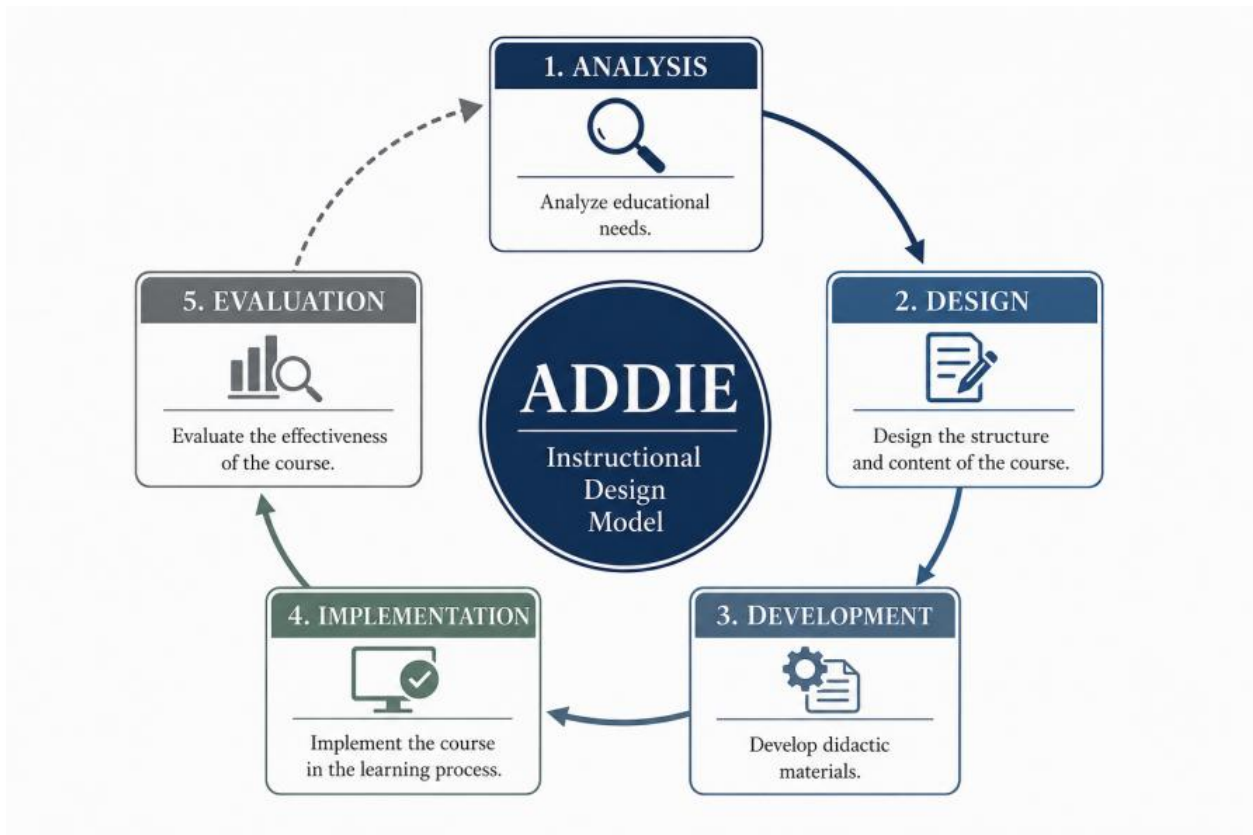
Our research examines the development of AI competence among future teachers, emphasizing the C3 triad (cyberethics, cybersafety, and cybersecurity) (see Fig.2). The study provides critical insights into the digital adaptation of displaced institutions, exemplified by Bohdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University. Cyberethics concerns the moral decisions individuals make when using digital technologies, cybersafety involves practices aimed at minimizing online risks and harmful interactions, and cybersecurity encompasses technical measures designed to protect data, systems, and digital identities from unauthorized access and cyber threats [12].



**Fig. 2.** C3 triad framework (according to P. Pusey, W. A. Sadara [12])

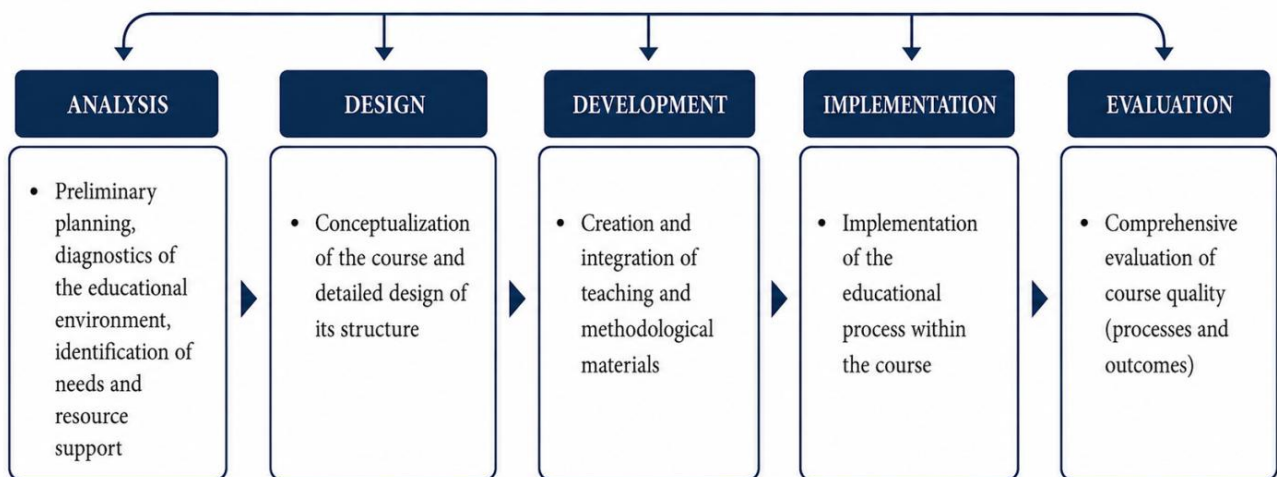
The syllabus for the online elective course, “Pedagogical Aspects of Using Artificial Intelligence in Secondary Education Institutions”, is detailed in our study, “Preparing pre-service teachers for the digital era: Cyberethics, cybersafety, and cybersecurity skills as a core AI competency”. Designed for Mathematics Education students at Bohdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, the course addresses the urgent need for AI competency at both Bachelor and Master levels [13].

The course was designed based on the ADDIE instructional design model [10], which provides a step-by-step approach to the development of educational products and includes five key stages (fig.3): analysis of educational needs (Analysis), design of the course structure and content (Design), development of instructional materials (Development), practical implementation (Implementation), and evaluation of effectiveness (Evaluation).



**Fig. 3.** The ADDIE process flowchart

The key processes of each stage of the ADDIE-based online course design model are presented in fig. 4.



**Fig. 4.** Phases of Educational Course Development Using the ADDIE Model

At the Analysis stage of course design a comprehensive examination of the course resource support was conducted, including the assessment of technical, informational, methodological, and human resources required for the effective implementation of the educational process. Particular attention was paid to identifying

learner requirements and the characteristics of the target audience, including the analysis of students' digital competence, their previous experience with digital technologies and artificial intelligence tools, educational needs, motivation, and specific features of their professional training.

In addition, this stage involved the justification for the selection of a Learning Management System (LMS) based on its technical and functional capabilities, particularly its support for online and blended learning, integration of multimedia content, communication tools, assessment instruments, and monitoring of students' learning activities.

Despite the rapid evolution of the international research landscape, Ukrainian academic discourse currently lacks comprehensive studies on assessing AI competency and its various dimensions. Addressing this gap, we adopt the definition proposed by Chiu et al. (2024), who describe AI competency as a blend of technical understanding and social responsibility – specifically, the confidence to explain AI's societal role and the skill to use it ethically and collaboratively [5].

The concept of “AI competency for educators” was officially established in Ukraine in 2024 through a collaborative study by the Ministry of Education and Science and the Ministry of Digital Transformation. Titled “Guidelines on Artificial Intelligence for General Secondary Education Institutions”, the report defines this competency as the synthesis of knowledge, skills, and attitudes required to navigate AI across various contexts – specifically focusing on its ethical pedagogical application and the ability to identify AI-driven tools [7].

The elective course developed by our research team, “Pedagogical Aspects of Using Artificial Intelligence in Secondary Education Institutions” is designed to facilitate the systematic development of AI competency among pre-service mathematics teachers.

The course is oriented toward equipping future educators with both theoretical understanding and practical skills for the effective integration of artificial intelligence into teaching and learning processes.

During the Design stage, the conceptual framework and internal structure of the course are developed in accordance with the identified educational needs and learning objectives. This stage involves the systematic design of the course architecture, including the development of the curriculum and preparation of the syllabus. Special emphasis is placed on the formulation of clearly defined learning outcomes that correspond to professional and academic competencies. Furthermore, appropriate teaching strategies, instructional methods, and assessment approaches are selected to ensure the alignment between learning activities and intended outcomes. As a result, the Design stage establishes a coherent pedagogical model that guides the development and implementation of the course. The syllabus of the elective course “Pedagogical Aspects of Using Artificial Intelligence in Secondary Education Institutions” is presented in our paper “Preparing pre-service teachers for the digital era: Cyberethics, cybersafety, and cybersecurity skills as a core AI competency” [13].

The Development stage focuses on the creation, structuring, and integration of educational and methodological materials required for course delivery. Educational content is systematically organized into thematic modules and adapted to the chosen instructional format. At this stage, lecture materials, practical assignments, assessment tasks, and additional learning resources are prepared. Considerable attention is also devoted to the development of multimedia support, including presentations, interactive elements, and video materials that enhance learner engagement and accessibility of content.

Finally, all educational resources are integrated into the Learning Management System, thereby ensuring centralized access to course materials and supporting effective organization of the learning process.

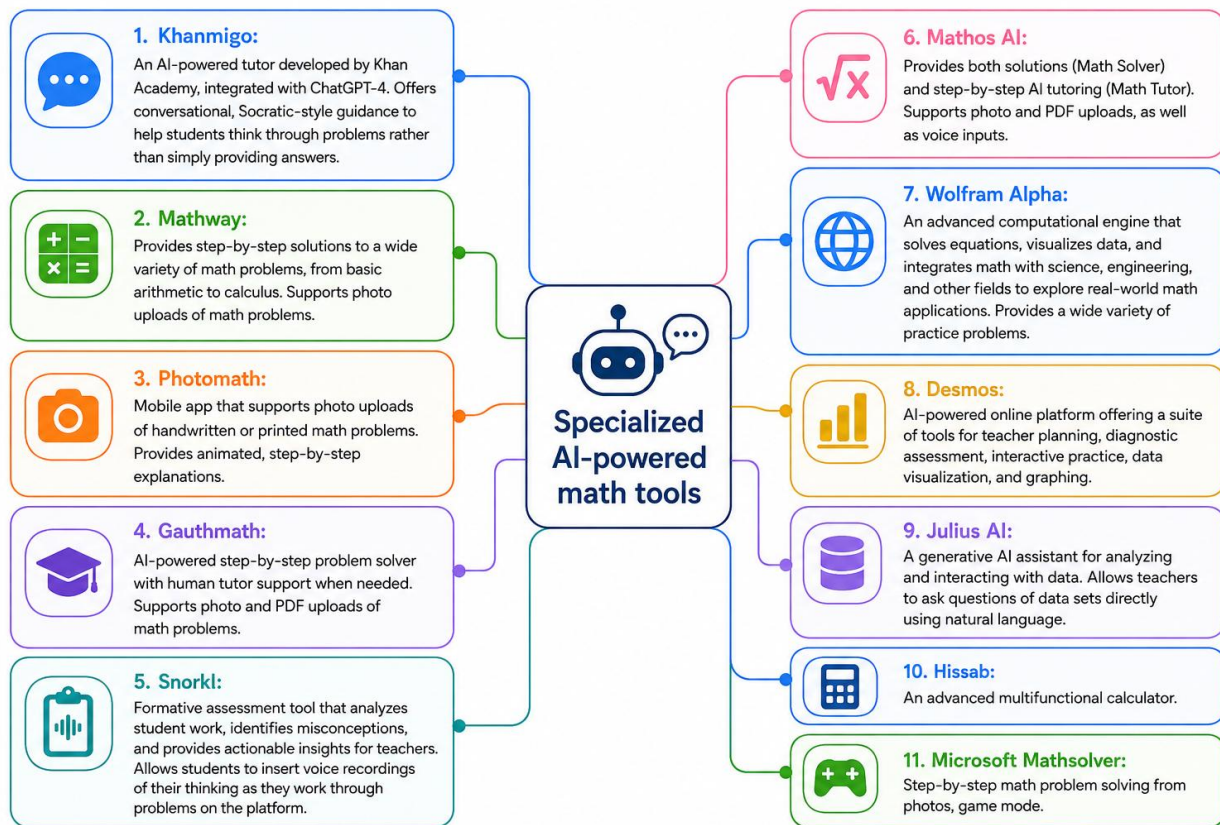
In developing the course, we drew upon the guidance presented in “Integrating Generative AI for Deeper Math Learning” [6]. It provides a conceptual and practical framework for leveraging generative AI in mathematics education in ways that enhance, rather than replace, students’ cognitive engagement and productive struggle. It outlines key principles, use cases, and tool recommendations for teachers and students, emphasizing ethical, pedagogically grounded, and developmentally appropriate integration of AI into math instruction. Specialized AI-powered mathematical tools are defined by researchers as targeted applications that integrate artificial intelligence capabilities specifically for solving mathematical tasks [6]. Although these tools are based on large language models (LLMs), their development typically involves additional training and the integration of specialized computational modules, enabling them to perform accurate mathematical calculations rather than merely predict text sequences. For example, the Khanmigo platform uses an embedded calculator for solving mathematical problems instead of relying solely on LLM-generated outputs.

Examples and descriptions of specialized AI tools across various subject areas, including mathematics, are also presented in the Ukrainian Ministry of Education and Ministry of Digital Transformation project “Guidelines on Artificial Intelligence for General Secondary Education Institutions” [7].

In the comprehensive study of Ukrainian scholars “Review of Artificial Intelligence-Based Mathematics Learning Services in the Training of Pre-Service Teachers” [4] (Bielchev P. et al.) proposes an extensive classification of AI services for text generation, visualization, video creation, and mathematical computations that are essential for developing the digital competencies of future mathematics teachers.

Drawing upon the findings and approaches presented in the aforementioned studies, we conducted a systematization of existing AI-oriented mathematical tools that can be effectively applied in mathematics education and in the professional training of future teachers.

Examples of such specialized AI-powered mathematical tools are presented in the following diagram (see Fig.5).



**Fig.5.** Specialized AI-powered math tools (according to [6] and [4])

The Implementation stage is associated with the practical realization of the educational process within the course environment. At this stage, the instructor performs the role of a tutor and facilitator, organizing and managing learners' educational activities. Learning sessions are conducted using the selected instructional methods and digital tools, while pedagogical interaction between the instructor and students is continuously maintained through communication, feedback, and academic support.

Particular importance is attached to fostering student engagement, collaborative learning, and active participation in educational activities. Consequently, this stage ensures the effective functioning of the course in real educational practice.

The Evaluation stage involves a comprehensive assessment of both the educational process and the learning outcomes achieved during the course implementation. This stage includes the application of a quality assurance system aimed at evaluating the effectiveness of teaching methods, learning materials, and assessment strategies. The analysis of students' academic performance, participation, and feedback enables the identification of strengths and limitations of the course design. Based on the obtained results, modifications and improvements to the course content, structure, and instructional approaches are introduced. Therefore, the Evaluation stage serves as a mechanism for continuous improvement and further optimization of the educational course.

The final assessment utilizes the Generative Artificial Intelligence Literacy Test (GLAT), a validated instrument [8] that we translated and adapted for Ukrainian mathematics educators. This tool provides a reliable diagnostic of four core dimensions: conceptual understanding, functional application, creative evaluation, and ethical awareness.

*Conclusions.* The findings of the study demonstrate that preparing pre-service mathematics teachers for professional activity in the context of the digital transformation of education requires the systematic development of AI competency, which integrates technological, pedagogical, ethical, and security-related dimensions of artificial intelligence use. Particular importance is attached to the development of competencies in cyberethics, cybersafety, and cybersecurity as essential components of contemporary teacher education. Key areas for further research involve the theoretical and empirical substantiation of pedagogical conditions for integrating the AI-TPACK model into the preparation of pre-service mathematics teachers, ensuring the balanced development of technological, pedagogical, and content knowledge in the context of artificial intelligence. Particular emphasis is placed on fostering their readiness to use AI technologies in a pedagogically grounded, ethically responsible, and secure manner, including the development of competencies within the C3 triad. Furthermore, future study will focus on the design and validation of methodological recommendations for implementing the AI-TPACK framework in mathematics teacher education, as well as on conducting a pedagogical experiment to evaluate the effectiveness of the developed elective course in enhancing pre-service teachers' readiness to meaningfully integrate AI into mathematics teaching and learning.

#### *References:*

1. Alahmad, A., Stamenkovska, T., & Gyori, J. (2021). Preparing Pre-service Teachers for 21st Century Skills Education: A Teacher Education Model. *GILE Journal of Skills Development*, 1(1), 67–86. <https://doi.org/10.52398/gjgd.2021.v1.i1.pp67-86>
2. Aleksieva, L. (2025) Preparing Pre-Service Teachers for the Digital Transformation of Education: Exploring University Teacher Educators' Views and Practical Strategies // *Education Sciences*. 2025. Vol. 15, № 4. Art. 404.
3. Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations (2023). US Department of Education. URL: <https://www.ed.gov/sites/ed/files/documents/ai-report/ai-report.pdf>
4. Bielchev, P. V., Bielchev, M. P., & Burtseva, O. H. (2024). *Ohliad servisiv navchannia matematyky na osnovi shtuchnoho intelektu v pidhotovtsi maibutnikh uchyteliv* [Review of artificial intelligence-based mathematics learning services in the training of pre-service teachers]. <https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series5.2024.99.01> [in Ukrainian].
5. Chiu, T. K.F., Ahmad, Z., Ismailov, M. & Sanusi, I.T. (2024) What are artificial intelligence literacy and competency? A comprehensive framework to support them. *Computers and Education Open*, Volume 6, 2024, URL: <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100171>.
6. Guide to Integrating Generative AI for Deeper Math Learning (2025) AI for Education, Student Achievement Partners URL: <https://www.aiforeducation.io/ai-resources/guide-to-integrating-generative-ai-for-deeper-math-learning>

7. Guidelines on Artificial Intelligence for General Secondary Education Institutions (2024). Project of the Ministry of Education and the Ministry of Digital Transformation of Ukraine, 2024. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2024/05/21/Instruktyvno.metodychni.rekomendatsiyi.shchodo.SHI.v.ZZSO-22.05.2024.pdf>
8. Jin, Y., Martinez-Maldonado, R., Gašević, D., Yan, L. (2024) GLAT: The Generative AI Literacy Assessment Test, 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2411.00283>
9. Kohnke, L., & Green-Eneix, C. (2025). Preparing pre-service and in-service teachers for the AI-driven classroom. In J. R. Corbeil & M. E. Corbeil (Eds), *Teaching and Learning in the Age of Generative AI: Evidence-based approaches to pedagogy, ethics, and beyond* (pp. 24-42). Routledge
10. Kurt, S. (2024) The ADDIE Model: Instructional Design Educational Technology, 2024. URL: <http://educationaltechnology.net/the-addie-model-instructional-design/>
11. Microsoft Digital Defense Report: the foundations and new frontiers of cybersecurity (2024). URL: <https://www.microsoft.com/en-us/security/security-insider/threat-landscape/microsoft-digital-defense-report-2024>
12. Pusey, P., Sadara, W.A. (2011) Cyberethics, Cybersafety, and Cybersecurity: Preservice Teacher Knowledge, Preparedness, and the Need for Teacher Education to Make a Difference. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 28 (2), 2011. 82–85. URL: <https://doi.org/10.1080/21532974.2011.10784684>
13. Termenzhy, O., Kozhevnikova, A. & Susukailo, V. (2025) Preparing pre-service teachers for the digital era: Cyberethics, cybersafety, and cybersecurity skills as a core AI competency // CSDP 2025: Cyber Security and Data Protection 2025. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4042/paper10.pdf>
14. UNICEF. Life for children during the war (2024). Ukraine, 2024. URL: <https://www.unicef.org/ukraine/en/documents/life-children-during-war>

### **Література:**

1. Alahmad, A., Stamenkovska, T., & Gyori, J. (2021). Preparing Pre-service Teachers for 21st Century Skills Education: A Teacher Education Model. *GILE Journal of Skills Development*, 1(1), 67–86. <https://doi.org/10.52398/gjsd.2021.v1.i1.pp67-86>
2. Aleksieva L. Preparing Pre-Service Teachers for the Digital Transformation of Education: Exploring University Teacher Educators' Views and Practical Strategies // *Education Sciences*. 2025. Vol. 15, № 4. Art. 404.
3. Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations (2023). US Department of Education. URL: <https://www.ed.gov/sites/ed/files/documents/ai-report/ai-report.pdf>
4. Бельчев П. В., Бельчев М.П., Бурцева О. Г. Огляд сервісів навчання математики на основі штучного інтелекту в підготовці майбутніх учителів URL: <https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series5.2024.99.01>
5. Chiu T. K.F., Ahmad Z., Ismailov M.& Sanusi I.T. (2024) What are artificial intelligence literacy and competency? A comprehensive framework to support them. *Computers and Education Open*, Volume 6, 2024, URL: <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100171>.
6. Guide to Integrating Generative AI for Deeper Math Learning (2025) AI for Education, Student Achievement Partners URL: <https://www.aiforeducation.io/ai-resources/guide-to-integrating-generative-ai-for-deeper-math-learning>
7. Guidelines on Artificial Intelligence for General Secondary Education Institutions (2024). Project of the Ministry of Education and the Ministry of Digital Transformation of Ukraine, 2024. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/news/2024/05/21/Instruktyvno.metodychni.rekomendatsiyi.shchodo.SHI.v.ZZSO-22.05.2024.pdf>

8. Jin Y., Martinez-Maldonado R., Gašević D., Yan L. (2024) GLAT: The Generative AI Literacy Assessment Test, 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2411.00283>
9. Kohnke, L., & Green-Eneix, C. (2025). Preparing pre-service and in-service teachers for the AI-driven classroom. In J. R. Corbeil & M. E. Corbeil (Eds), *Teaching and Learning in the Age of Generative AI: Evidence-based approaches to pedagogy, ethics, and beyond* (pp. 24-42). Routledge
10. Kurt S. (2024) The ADDIE Model: Instructional Design Educational Technology, 2024. URL: <http://educationaltechnology.net/the-addie-model-instructional-design/>
11. Microsoft Digital Defense Report: the foundations and new frontiers of cybersecurity (2024). URL: <https://www.microsoft.com/en-us/security/security-insider/threat-landscape/microsoft-digital-defense-report-2024>
12. Pusey P., Sadera W.A. (2011) Cyberethics, Cybersafety, and Cybersecurity: Preservice Teacher Knowledge, Preparedness, and the Need for Teacher Education to Make a Difference. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 28 (2), 2011. 82–85. URL: <https://doi.org/10.1080/21532974.2011.10784684>
13. Termenzhy O., Kozhevnikova A., Susukailo V. (2025) Preparing pre-service teachers for the digital era: Cyberethics, cybersafety, and cybersecurity skills as a core AI competency // CSDP 2025: Cyber Security and Data Protection 2025. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4042/paper10.pdf>
14. UNICEF. Life for children during the war (2024). Ukraine, 2024. URL: <https://www.unicef.org/ukraine/en/documents/life-children-during-war>

*Дата першого надходження статті до видання: 28.04.2026*

*Дата прийняття статті до друку після рецензування: 13.05.2026*